

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-083693

(43)Date of publication of application : 22.03.2002

(51)Int.Cl.

H05B 33/28
C23C 14/08
C23C 14/32
G09F 9/30
H05B 33/10
H05B 33/14

(21)Application number : 2001-147968

(71)Applicant : NIPPON SHEET GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 17.05.2001

(72)Inventor : WADA SHUNJI
KATOU YUKIHIRO

(30)Priority

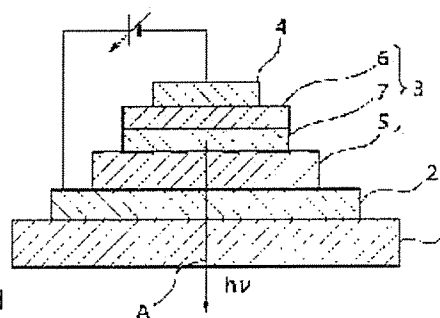
Priority number : 2000186106 Priority date : 21.06.2000 Priority country : JP

(54) SUBSTRATE WITH TRANSPARENT CONDUCTIVE FILM, AND ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE DEVICE USING THE SUBSTRATE HAVING TRANSPARENT ELECTRIC CONDUCTIVE FILM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable reduction of power consumption, and improvement in display quality by making a specific resistance low, while securing a desired high work function and satisfactory planarity.

SOLUTION: An ITO film 2 is formed in a film on a glass substrate 1, using an ITO sintered substance having SnO₂ content of 4 to 6 mass % through ion-planting. The work function of the surface of the obtained ITO film 2 is set to 4.9 eV to 5.5 eV, the height difference of its surfaces is set to be 1 nm to 10 nm, and the specific resistance is made into $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ or less. The desired organic EL device is obtained, by laminating an organic multilayer film 3 (a positive hole transport layer 5, a luminescence layer 7, and an electronic transport layer 6) on the surface of the ITO film 2, further by laminating a metal thin-film layer 4 on the surface of the organic multilayer film 3.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-83693

(P2002-83693A)

(43) 公開日 平成14年3月22日 (2002.3.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 5 B 33/28		H 0 5 B 33/28	3 K 0 0 7
C 2 3 C 14/08		C 2 3 C 14/08	D 4 K 0 2 9
	14/32	14/32	H 5 C 0 9 4
G 0 9 F 9/30	3 1 0	G 0 9 F 9/30	3 1 0
	3 6 5		3 6 5 Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-147968 (P2001-147968)	(71) 出願人	000004008 日本板硝子株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
(22) 出願日	平成13年5月17日 (2001.5.17)	(72) 発明者	和田 俊司 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2000-186106 (P2000-186106)	(72) 発明者	加藤 之啓 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内
(32) 優先日	平成12年6月21日 (2000.6.21)	(74) 代理人	100081880 弁理士 渡部 敏彦
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

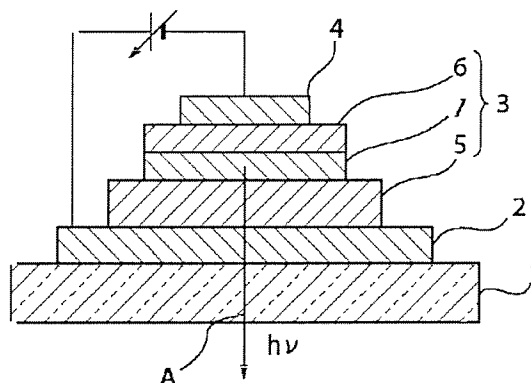
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明導電膜付き基板及び該透明導電膜付き基板を使用した有機エレクトロルミネッセンス素子

(57) 【要約】

【課題】 所望の高仕事関数と良好な平滑性を確保すると共に、比抵抗を低くして消費電力の節減や表示品位の向上を図ることができるようにした。

【解決手段】 SnO_2 含有率が4～6質量%のITO焼結体を使用してイオンプレーティング法により、ガラス基板1上にITO膜2を成膜する。このようにして得られたITO膜2の表面の仕事関数は4.9 eV～5.5 eV、表面高低差は1 nm～10 nm、及び比抵抗は $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 以下とされる。そして、ITO膜2の表面に有機多層膜3（正孔輸送層5、発光層7、電子輸送層6）を積層し、さらに有機多層膜3の表面に金属薄膜層4を積層することにより、所望の有機EL素子が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板の表面に透明導電膜が形成された透明導電膜付き基板において、

前記透明導電膜は、表面の仕事関数が4.9 eV～5.5 eV、表面高低差が1 nm～10 nm、及び比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以下であることを特徴とする透明導電膜付き基板。

【請求項2】 前記透明導電膜は、酸化スズと酸化インジウムとの混合物である酸化インジウムスズを被蒸発物質としてイオンプレーティング法により前記透明基板の表面に形成され、

かつ、前記酸化インジウムスズに対する酸化スズの含有率が、4～6質量%とされていることを特徴とする請求項1記載の透明導電膜付き基板。

【請求項3】 有機材料からなる正孔輸送層を含む多層膜が、請求項1又は請求項2記載の透明導電膜付き基板の透明導電膜表面に積層されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項4】 前記透明導電膜と前記正孔輸送層との間のエネルギー障壁が、0.7 eV以下であることを特徴とする請求項3記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は透明導電膜付き基板及び該透明導電膜付き基板を使用した有機エレクトロルミネッセンス (Electroluminescence: 電界発光、以下「EL」という) 素子に関し、より詳しくは、EL表示素子の電極 (陽極) として使用される透明導電膜付き基板、及び透明導電膜の表面に有機多層膜が積層された有機EL素子に関する。

【0002】

【従来の技術】有機EL素子は、正孔輸送層、発光層及び電子輸送層からなる有機多層膜を陽極と陰極との間に介在させて電荷注入再結合型の発光動作を行う表示素子であり、駆動電圧の低電圧化と共に、有機材料の多様性から広領域の発光色の実現可能性を有するものとして、近年、盛んに研究・開発が行われている。

【0003】この種の有機EL素子は、陽極から注入された正孔と陰極から注入された電子とが、各々正孔輸送層又は電子輸送層を介して発光層に到達し、該発光層でこれら正孔と電子とが再結合することにより発光動作を実現するものであり、陰極としてはアルミニウム (Al) 等の金属材料が使用され、また陽極としては透明性が良好で電気抵抗も低い酸化インジウムスズ (Indium Tin Oxide: 以下、「ITO」という) が広く使用されている。

【0004】ところで、この種の有機EL素子は、陽極から発光層に正孔を注入する場合、正孔は陽極-正孔輸送層間のエネルギー障壁を超えて陽極から正孔輸送層に移

動するが、通常のITO膜では、その仕事関数が正孔輸送層のイオン化ポテンシャル I_p に比べて遥かに小さいため (正孔輸送層のイオン化ポテンシャルは、通常5.5～5.6 eVであるのに対し、スパッタリング法で成膜されたITO膜の表面の仕事関数は4.2 eV～4.7 eV)、正孔と電子の発光層への注入バランスが崩れ、駆動電圧が高くなる。したがって、駆動電圧を低電圧化するためには正孔の正孔輸送層への注入効率を高める必要があり、そのためには陽極-正孔輸送層間のエネルギー障壁を極力小さくする必要がある。

【0005】また、前記有機EL素子は、陽極である透明導電膜の表面高低差 (表面凹凸) が大きいと、表面凸部には集中的に大きな電界がかかり、このため該表面凸部で微小な放電が生じ、素子が破壊して非発光点を生じ易くなり、素子の耐久性低下を招来する。したがって、透明導電膜としては表面高低差を極力小さくして優れた平滑性を有するようにすることが要請される。

【0006】そして、このような観点から、透明導電膜としてのITO膜を成膜した後、アニール処理 (焼なまし) を施すことによりITO膜の表面を平滑にし、その後、更なるアニール処理を施すか、又はプラズマ処理を施すことにより仕事関数を大きくして正孔輸送層との間のエネルギー障壁を小さくした技術が提案されている (特開平8-167479号公報; 以下、「第1の従来技術」という)。

【0007】該第1の従来技術では、ITOからなる非晶質な微粒子を基板上に成膜した後、非酸化性雰囲気下100～500℃でアニール処理を施すことにより微粒子を結晶成長させて10 nm以下の表面高低差とし、さらに酸化性雰囲気下100～500℃でアニール処理を施すか、又はプラズマを照射することによりITO膜の表面の仕事関数を通常のITO膜よりも高め、これにより陽極-正孔輸送層間のエネルギー障壁を小さくしている。

【0008】また、他の従来技術としては、仕事関数の高い酸化ルテニウムや酸化モリブデン、或いは酸化バナジウム等の金属酸化物をITOに添加した技術も提案されている (特開2000-72526号公報; 以下、「第2の従来技術」という)。

【0009】該第2の従来技術は、通常のITOよりも仕事関数の高い上記金属酸化物をITOに添加することにより、透明導電膜としてのITO膜の表面の仕事関数を高め、これにより陽極-正孔輸送層間のエネルギー障壁を小さくしている。

【0010】さらに、その他の従来技術としては、ITO膜を二層構造とすることにより正孔輸送層と接する界面側ITO膜の仕事関数を大きくした技術も提案されている (特開2000-68073号公報; 以下、「第3の従来技術」という)。

【0011】該第3の従来技術は、ITO膜をスパッタ

リング法で形成する成膜工程中に、酸素分圧を変化させることにより界面部のイオン化ポテンシャル I_p 、すなわち仕事関数が正孔輸送層のイオン化ポテンシャル I_p に近付くようにし、これにより良好な正孔注入特性を得ようとしている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記第1の従来技術では、ITO膜の仕事関数を高めることができ、また表面高低差を10nm以下に抑制して良好な平滑性を得ることができるものの、スパッタリング法で成膜しているため、比抵抗が $2 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以上の高い数値を示すという問題点があった。

【0013】すなわち、有機EL素子は、液晶表示素子のような電圧駆動素子とは異なり、電流駆動素子であるため、消費電力や表示品位の面で配線抵抗の影響を受けやすく、したがって陽極である透明導電膜(ITO膜)の抵抗は小さくする必要があり、このためITO膜の比抵抗を極力低くする必要がある。ところが、上記第1の従来技術のように通常のスパッタリング法で成膜されたITO膜は比抵抗が高く、したがって配線抵抗に起因する電力損失が大きくなって消費電力の増大を招来すると共に、表示品位も悪く、高精細な画質が要求される今日のEL素子では実用化するのは困難であるという問題点があった。

【0014】また、上記第1の従来技術は、製造工程の面においてもアニール処理等の後処理を行わなければならない、製造工程が煩雑であるという問題点があった。

【0015】また、上記第2の従来技術では、酸化ルテニウムや酸化モリブデン等の特殊で高価な金属酸化物をITOに添加しているため、製造コストが高く、しかも第1の従来技術と同様、スパッタリング法で成膜しているため、比抵抗は $7 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以上のものしか得られず、上記第1の従来技術と同様、消費電力の増大を招来すると共に表示品位に劣り、高精細なEL表示素子としての実用化が困難であるという問題点があった。

【0016】さらに、上記第3の従来技術では、成膜工程中に酸素分圧を変更してイオン化ポテンシャル I_p の異なる二層構造のITO膜を形成しているが、上記第1及び第2の従来技術と同様、スパッタリング法により成膜しているため、比抵抗が高くなり、したがって消費電力の増大を招来すると共に表示品位に劣り、高精細なEL表示素子としての実用化が困難であるという問題点があった。

【0017】本発明はこのような問題点に鑑みなされたものであって、所望の高仕事関数と良好な平滑性を確保すると共に、比抵抗を低くして消費電力の節減や表示品位の向上を図ることのできる透明導電膜付き基板と該透明導電膜付き基板を使用した有機EL素子を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】有機EL素子の陽極として使用される透明導電膜は、その特性として、仕事関数が高く、また良好な平滑性を有すると共に、比抵抗を低くして消費電力を節減し且つ表示品位を優れたものとするのが望まれている。

【0019】しかしながら、上記各従来技術のように、スパッタリング法でITO膜を形成する場合、所望の低比抵抗なITO膜を得るためには、ガラス基板の温度を300℃以上の高温に加熱して行う必要があり、しかもこの場合、成膜の再現性を良好なものとするためには、極めて低い成膜速度で膜形成を行わなければならない、量産性に欠ける。また、ガラス基板温度を300℃以上に加熱して形成したITO膜は、表面高低差が30nm以上になる。

【0020】すなわち、スパッタリング法で透明基板上に透明導電膜を形成する場合、仕事関数や表面高低差については或る程度満足する数値を得ることは可能であるが、 $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗な透明導電膜を工業的に大量生産するのは難しく、消費電力の低減化や表示品位の向上を図るのは困難な状況にある。

【0021】そこで、本発明者等は、このような事情を考慮しつつ鋭意研究を行ったところ、酸化スズ(SnO_2)を4~6質量%含有させた透明導電材料としてのITO焼結体を被蒸発物質として使用し、イオンプレーティング法により透明基板上に透明導電膜を形成することにより、仕事関数、平滑性、及び比抵抗の全てを満足させることのできる有機EL素子用の透明導電膜付き基板を得ることができるという知見を得た。

【0022】本発明はこのような知見に基づきなされたものであって、本発明に係る透明導電膜付き基板は、透明基板の表面に透明導電膜が形成された透明導電膜付き基板において、前記透明導電膜は、表面の仕事関数が4.9eV~5.5eV、表面高低差が1nm~10nm、及び比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以下であることを特徴とし、さらに、前記透明導電膜は、酸化スズと酸化インジウムとの混合物である酸化インジウムスズを被蒸発物質としたイオンプレーティング法により前記透明基板の表面に形成されると共に、前記酸化インジウムスズに対する酸化スズの含有量は4~6質量%とされていることを特徴としている。

【0023】そして、上述した仕事関数が高く平滑性に優れ、低比抵抗とされた透明導電膜の表面に有機多層膜を積層することにより、低駆動電圧で耐久性や表示品位に優れ、しかも消費電力の低い有機EL素子を得ることができる。

【0024】したがって、本発明に係る有機EL素子は、有機材料からなる正孔輸送層を含む多層膜が、上記透明導電膜付き基板の透明導電膜表面に積層されていることを特徴としている。

【0025】また、正孔輸送層のイオン化ポテンシャル

I_p は、一般に5.5 eV~5.6 eVであり、したがって、上述した透明導電膜付き基板を使用して有機EL素子を製造した場合は前記透明導電膜と前記正孔輸送層との間のエネルギー障壁は0.7 eV以下となって陽極から正孔輸送層への正孔の注入効率を向上させることができ、これにより駆動電圧の低電圧化を実現することができる。

【0026】すなわち、本発明の有機EL素子は、前記透明導電膜と前記正孔輸送層との間のエネルギー障壁が、0.7 eV以下であることを特徴としている。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて詳説する。

【0028】図1は本発明に係る有機EL素子を模式的に示した断面図である。

【0029】同図において、1はソーダライム等からなるガラス基板であって、該ガラス基板1の表面には透明導電膜としてのITO膜2が積層され、該ITO膜2の表面には有機多層膜3が積層され、さらに該有機多層膜3の表面には金属薄膜層4が積層されている。

【0030】有機多層膜3は、ITO膜2からの正孔を輸送する正孔輸送層5と、金属薄膜層4からの電子を輸送する電子輸送層6と、該電子輸送層6と前記正孔輸送層5との間に介在された発光層7とから構成され、これら正孔輸送層5、電子輸送層6及び発光層7は、いずれも有機材料で形成されている。

【0031】具体的には、正孔輸送層5を構成する有機材料としては、トリフェニルジアミンやm-MTDATA (例えば、4, 4', 4"-トリス-(N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ)トリフェニルアミン)を使用することができ、電子輸送層6を構成する有機材料としては、シロール誘導体やシクロペンタジエン誘導体を使用することができる。

【0032】また、発光層7は母材にドーパントが含有されており、母材を構成する有機材料としては、キノリノールアルミニウム錯体やDPVBi (例えば、4, 4'-ビス(2, 2'-ジフェニルビニル)ビフェニル)を使用することができる。

【0033】また、金属薄膜層4を構成する金属材料としては、Al、Mg、In、Ag、In-Li、Mg-Sr、Al-Sr等の金属材料を使用することができる。

【0034】このように構成された有機EL素子は、ITO膜2を陽極とし、金属薄膜層4を陰極として、ITO膜2と金属薄膜層4との間に電圧を印加すると、陽極であるITO膜2からの正孔が正孔輸送層5を介して発光層7に到達する一方、陰極である金属薄膜層4からの電子が電子輸送層6を介して発光層7に到達すると、該発光層7で正孔と電子が再結合し、矢印A方向に大部分の光が放出される。

【0035】そして、本実施の形態では、上記ITO膜2は、仕事関数が4.9 eV~5.5 eV、表面高低差が1 nm~10 nm、及び比抵抗が $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ ~ $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ に設定され、また、斯かるITO膜2は、 SnO_2 の含有率が4~6質量%とされたITO焼結体をタブレットに使用し、イオンプレーティング法でガラス基板1上に容易に形成することができる。

【0036】以下、仕事関数、表面高低差、比抵抗、及び SnO_2 の含有率を上述の範囲とした理由を述べる。

【0037】(1) 仕事関数

正孔は正孔輸送層5を介してITO膜2から発光層7に注入されるが、有機EL素子の駆動電圧を低くするためには正孔の注入効率を高める必要があり、そのためにはITO膜2と正孔輸送層5との間のエネルギー障壁はできるだけ小さくする必要がある。すなわち、正孔輸送層5として使用されるトリフェニルジアミン等の有機材料のイオン化ポテンシャル I_p は、通常5.5 eV~5.6 eVであり、したがってITO膜2の仕事関数を、正孔輸送層5のイオン化ポテンシャル I_p である5.5 eV~5.6 eVに近付ける必要がある。そして、正孔の注入効率を高め、所望の低駆動電圧化(例えば、20V以下)を実現するためには、ITO膜2-正孔輸送層5間のエネルギー障壁を0.7 eV以下とする必要がある。そこで、本実施の形態では、ITO膜2の仕事関数を4.9 eV~5.5 eVに設定した。

【0038】(2) 表面高低差

ITO膜2の表面凹凸が顕著で表面高低差が大きいと、表面凸部に集中的に電界がかかり、このため該表面凸部で微小な放電が生じて素子の破壊を招来し、非発光点が生じて有機EL素子の耐久性を低下させる虞がある。したがって、良好な発光状態を維持して耐久性を向上させるためにはITO膜2の表面高低差を極力小さくする必要がある。そこで、本実施の形態では、生産性等をも考慮し、表面高低差を1 nm~10 nmに設定した。

【0039】(3) 比抵抗

有機EL素子は、電流駆動素子であるため、消費電力や表示品位の面で配線抵抗の影響を受けやすく、低消費電力と優れた表示品位とを実現するためには陽極であるITO膜の抵抗は小さいのが望ましく、このためITO膜の比抵抗を極力低くする必要がある。すなわち、ITO膜2の比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ を超えると配線抵抗に起因する電力損失が大きくなって消費電力の増大を招来すると共に、表示品位も悪くなる。一方、ITO膜2の比抵抗を $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 以下とするのは生産技術的に困難である。そこで、本実施の形態では、ITO膜2の比抵抗を $1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ ~ $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ に設定した。

【0040】(4) ITO焼結体中の SnO_2 の含有率
仕事関数、表面高低差、及び比抵抗を上述の範囲内とす

るには、イオンプレーティング法を使用してITO膜2をガラス基板1上に成膜する必要があるが、この場合、タブレット(被蒸発物質)であるITO焼結体中の SnO_2 含有率、すなわち SnO_2/ITO も重要な要素となる。

【0041】すなわち、 SnO_2/ITO が4質量%未満の場合は、仕事関数を大きくできる利点はあるが比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ を超える大きな数値となって消費電力の増大や表示品位の悪化を招来する。一方、 SnO_2/ITO が6質量%を超えた場合も、比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ を超える大きな数値となり、しかもこの場合は、仕事関数が小さくなって正孔輸送層5との間のエネルギー障壁が大きくなり駆動電圧も高くなる。そこで、本実施の形態では、 SnO_2/ITO を4~6質量%に設定した。

【0042】次に、上記ITO膜2をガラス基板1上に成膜する製造方法について説明する。

【0043】図2は上記透明導電膜付き基板の製造に使用されるイオンプレーティング装置の内部構造図である。

【0044】同図において、成膜室となる真空容器8の一方の側壁には排気口9が設けられ、他方の側壁には筒状部10が設けられている。そして、該筒状部10には圧力勾配型のプラズマガン12が装着されると共に該筒状部10の周囲には収束コイル11が配設されている。

【0045】プラズマガン12は、電磁石コイル13が内蔵されて筒状部10に接続された第2の中間電極14と、環状永久磁石15が内蔵されて前記第2の中間電極14と並設された第1の中間電極16と、陰極17と、該陰極17と前記第1の中間電極16との間に介在された円筒状のガラス管18とを備えている。

【0046】電磁石コイル13は電源19により励磁され、収束コイル11は電源20により励磁される。尚、電源19及び電源20は、共に可変電源とされている。

【0047】第2及び第1の中間電極14、16は夫々垂下抵抗器21、22を介して可変電圧型の主電源23の一端(正側)に接続され、該主電源23の他端(負側)は陰極17に接続されている。また、主電源23にはスイッチ26を介して補助放電電源24及び垂下抵抗器25が並列接続されている。

【0048】また、ガラス管18の内部には陰極17に固着されたMo(モリブデン)からなる円筒部材27と、Ta(タンタル)からなるパイプ28と、該パイプ28の先方であって前記円筒部材27に固着されたLaB₆からなる円盤状部材29とが設けられ、放電ガス(例えば、所定量の酸素を含有したアルゴンガス)が矢印B方向からパイプ28を介しプラズマガン12の内部に供給される。

【0049】真空容器8の底部には、タブレット(被蒸発物質)としてのITO焼結体30を収容する主ハース

31が配設され、また主ハース31には補助ハース32が周設されている。主ハース31は熱伝導率の良好な導電性材料、例えば、銅で形成されると共にプラズマガン12からのプラズマビームが入射する凹部を有し、さらに主電源23の正側に接続されて陽極を形成し、プラズマビームを吸引する。

【0050】補助ハース32も主ハース31と同様、熱伝導率の良好な銅等の導電性材料で形成されると共に、環状永久磁石33及び電磁石34が収容され、該電磁石34は可変電源であるハースコイル電源35により励磁される。すなわち、補助ハース32は、主ハース31を囲む環状容器内に環状永久磁石33と電磁石34とを同軸上に積層して配設されると共に、電磁石34はハースコイル電源35に接続され、環状永久磁石33によって形成される磁界と電磁石34によって形成される磁界とが重畳するように構成されている。この場合、環状永久磁石33により発生する中心側の磁界の向きと電磁石34の中心側の磁界の向きとが同一方向とされ、ハースコイル電源35の電圧を変化させることにより、電磁石34に供給される電流を変化可能にしている。

【0051】また、補助ハース32も垂下抵抗器36を介して主ハース31と同様、主電源23の正側に接続されて陽極を構成している。

【0052】尚、真空容器8の上部には加熱ヒータ37が配設され、該加熱ヒータにより、ガラス基板1を所定温度に加熱する。

【0053】このように構成されたイオンプレーティング装置においては、 SnO_2 の含有率が4~6質量%とされたITO焼結体30を主ハース31の凹部に収容し、プラズマガン12の陰極17側から放電ガスがパイプ28に供給されると、主ハース31との間で放電が生じ、これによりプラズマビームが生成される。このプラズマビームは環状永久磁石15及び電磁石コイル13により収束され、収束コイル11と補助ハース32内の環状永久磁石33及び電磁石34により決定される磁界に案内されて主ハース31に到達する。

【0054】そして、主ハース31に収容されているITO焼結体30はプラズマビームにより加熱されて蒸発し、蒸発粒子はプラズマビームによりイオン化され、加熱ヒータ37により加熱されているガラス基板1にITO膜2が形成される。

【0055】

【実施例】次に、本発明の実施例を具体的に説明する。

【0056】本発明者等は、 SnO_2 の含有率が異なる5種類のITO焼結体を使用し、イオンプレーティング法により透明導電膜付き基板を作製した。

【0057】すなわち、 SnO_2 含有率が本発明範囲内である4~6質量%のITO焼結体をタブレットとして使用し、下記の放電条件でもってイオンプレーティング法によりガラス基板1上に膜厚150nmのITO膜2

を成膜し、3種類の試験片を作製した(実施例1～3)。

【0058】〔放電条件〕

放電ガス: $\text{Ar} + \text{O}_2$

放電電流: 200 A

真空容器内の圧力: $2.66 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ ($2.0 \times 10^{-3} \text{ Torr}$)

放電ガス中の酸素分圧: $2.66 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ ($2.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$)

ガラス基板1の基板温度: 200℃

また、比較例として SnO_2 含有率が3質量%及び10質量%のITO焼結体をタブレットとして使用し、上記実施例1～3と同様の放電条件下、ガラス基板1上に膜厚150 nmのITO膜2を成膜し、2種類の試験片を作製した(比較例1、2)。

【0059】次いで、本発明者等は、10質量%の SnO_2 を含有したITO焼結体をターゲットとして使用し、直流スパッタリング装置により下記スパッタリング条件でスパッタリングを行い、ガラス基板1上に膜厚150 nmのITO膜2を成膜し、試験片を作製した(比較例3)。

【0060】〔スパッタリング条件〕

スパッタリングガス: $\text{Ar} + \text{O}_2$ (但し、 O_2 : 10 vol %)

スパッタリングガスのガス圧: $4 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ ($3.0 \times 10^{-3} \text{ Torr}$)

供給電力: 600 W

ガラス基板の基板温度: 200℃

さらに、上記各試験片の表面に、イオン化ポテンシャル I_p が5.6 eVのトリフェニルジアミンを積層して正孔輸送層5を形成し、次いでキナクリドン(約0.5質量%)をドーブしたキノリノールアルミニウム錯体を前記正孔輸送層の表面に積層して発光層7を形成し、さらに、シロール誘導体を前記発光層7に積層して電子輸送層6を形成し、最後にアルミニウムを前記電子輸送層6に積層して金属薄膜層4を形成し、有機EL素子を作製した。

【0061】尚、上記正孔輸送層5、発光層7、電子輸送層6及び金属薄膜層4はいずれも周知の真空蒸着法で成膜し、各膜厚は、正孔輸送層5が5 nm、発光層が7 nm、電子輸送層6が40 nm、金属薄膜層4が40 nmであった。

【0062】そして、上記各試験片についてITO膜2の表面の仕事関数、比抵抗、表面高低差、及び有機EL素子としての駆動電圧を測定した。

【0063】表1はITO膜の特性値(仕事関数、比抵抗、表面高低差)、及び有機EL素子の駆動電圧を示している。また、エネルギー障壁はITO膜2の仕事関数から正孔輸送層5のイオン化ポテンシャル I_p (5.6 eV)を減算して算出した。

【0064】

【表1】

	SnO_2/ITO (質量%)	仕事関数 (eV)	表面高低差 (nm)	比抵抗 ($\times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$)	エネルギー障壁 (eV)	駆動電圧 (V)	評価
実施例1	6	4.9	8	1.5	0.7	20	○
実施例2	5	5.2	7	1.3	0.4	17	○
実施例3	4	5.5	6	1.6	0.1	10	○
比較例1	3*	5.6	7	1.9*	0	8	×
比較例2	10*	4.8*	6	1.9*	0.8*	23*	×
比較例3	10*	4.7*	32*	1.7*	0.9*	25*	×

注) *は本発明範囲外

【0065】表1中、*は本発明範囲外の数値を示す。

【0066】尚、仕事関数は、理研計器(株)製の「表面分析装置AC-1」で測定した。また、比抵抗は4探針法によりシート抵抗を測定して算出した。さらに、表面高低差は、セイコー電子工業(株)製の「SPM3700」原子間力顕微鏡で $1 \mu\text{m}^2$ における表面の凹凸を測定した。また、駆動電圧は $0.01 \text{ A}/\text{cm}^2$ の電流が流れたときの電圧を測定して算出した。

【0067】この表1から明かなように、比較例1は仕事関数が5.6 eVと高くエネルギー障壁が0 eVであるため、駆動電圧も8 Vと低く、また表面高低差も7 nmと小さく、したがってITO膜2の表面には局所的な電界集中が生じることもなく耐久性も良好であるが、S

nO_2 含有率が3質量%のITO焼結体を使用して成膜を行っているため、比抵抗が $1.9 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ と大きくなって配線抵抗(電力損失)も大きくなり、このため消費電力の増大や表示品位の悪化を招来することが確認された。

【0068】また、比較例2は、表面高低差が6 nmと小さいため、ITO膜表面に局所的な電界集中が生じることもなく耐久性も良好であるが、 SnO_2 含有率が10質量%のITO焼結体を使用して成膜を行っているため、仕事関数が4.8 eVと小さく、このため、エネルギー障壁が0.8 eVと大きくなって駆動電圧も23 Vと高なり、しかも比較例1と同様、比抵抗も $1.90 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ と大きいために配線抵抗が大きくなり、消費

電力の増大や表示品位の悪化を招来することが確認された。

【0069】さらに、比較例3は、 SnO_2 を10質量%含有したITO焼結体をターゲットとして使用し、しかも基板温度をイオンプレーティング法と同様、200℃と比較的低い温度に設定してスパッタリングしているため、仕事関数が高くなって高い駆動電圧を必要とし、また表面高低差も32nmと大きく、表面凸部における電界集中に起因した素子破壊が生じ易くなって耐久性に劣り、さらに比抵抗も高く消費電力の増大や表示品位の悪化を招来する結果となった。

【0070】これに対して実施例1～3は、 SnO_2 のITO膜中の SnO_2 含有率が4～6質量%であるので、仕事関数を4.9eV～5.5eV、表面高低差を6nm～8nm、比抵抗を $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 以下とすることができ、駆動電圧を20V以下に抑制することができ、且つ平滑性が良好となって耐久性の向上を図ることができると共に、低消費電力で高品質な表示品位を得ることができ、有機EL素子に要求される諸特性を全て満足させることができる。

【0071】

【発明の効果】以上詳述したように本発明に係る透明導電膜付き基板は、透明導電膜の表面の仕事関数が4.9eV～5.5eV、表面高低差が1nm～10nm、及び比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 以下とされているので、有機EL素子に組み入れた場合、正孔輸送層への注入効率を確保することができると共に、良好な平滑性を確保することができ、しかも配線抵抗も小さくすること

ができる。

【0072】また、上記透明導電膜付き基板は、前記透明導電膜が、酸化スズと酸化インジウムとの混合物である酸化インジウムスズを非蒸発物質としたイオンプレーティング法により前記透明基板の表面に形成されると共に、前記酸化インジウムスズに対する酸化スズの含有量は4～6質量%とされているので、煩雑な後処理工程を要することなく、生産性にも優れた透明導電膜付き基板を容易に得ることができる。

【0073】そして、本発明に係る有機EL素子は、有機材料からなる正孔輸送層を含む多層膜が上記透明導電膜の表面に積層されているので、正孔輸送層と透明導電膜との間のエネルギー障壁も小さく、駆動電圧を20V以下に抑制することができ、且つ平滑性が良好であるため耐久性の向上を図ることができると共に、低比抵抗であるため電力損失も少なく、低消費電力で高品質な表示品位を得ることができると共に、有機EL素子に要求される諸特性を全て満足させることができる。

【図面の簡単な説明】

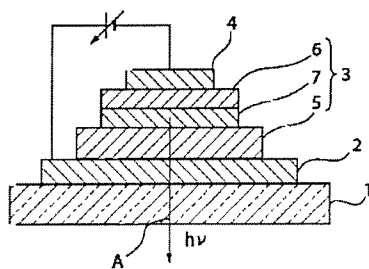
【図1】本発明に係る有機EL素子を模式的に示した断面図である。

【図2】イオンプレーティング装置の内部構造図である。

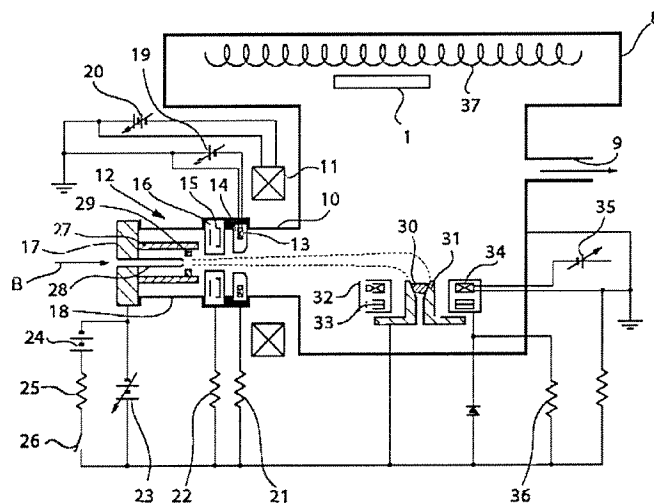
【符号の説明】

- 1 ガラス基板（透明基板）
- 2 ITO膜（透明導電膜）
- 3 有機多層膜
- 5 正孔輸送層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
H 0 5 B 33/10		H 0 5 B 33/10	
33/14		33/14	A

Fターム(参考) 3K007 AB00 AB04 AB05 AB06 AB18
CA01 DA00 DB03 EB00 FA01
FA03
4K029 AA09 BA45 BA50 BB02 BC09
BD00 CA03 DD05
5C094 AA04 AA13 AA22 AA24 AA31
AA43 AA55 BA27 CA19 DA13
DB04 EA04 EA05 EB02 FA02
FB12 FB15 GB10 JA03 JA05
JA08 JA20